

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 27.03.01 Стандартизация и метрология
Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Программная реализация методов обработки результатов измерений

УДК 004.415.2:53.08:004.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Кашкенова Асель Асхатовна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		
Руководитель ООП	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2018

Планируемые результаты обучения по направлению 27.03.01

«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК-1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводит анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – Стандартизация и метрология
Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Казаков В.Ю.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Г41	Кашкеновой Асель Асхатовне

Тема работы:

Программная реализация методов обработки результатов измерений

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№2184/с от 28.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1 ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения;
2 ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения;
3 Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешности и неопределенности измерений;
4 МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей;
5 МИ 1317-2004 Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров;
6 ПМГ 96-2009 ГСИ. Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления.
7 ГОСТ 19.505-79 ЕСПД. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Обзор существующего программного обеспечения по тематике; 2 Формулирование требований к программному обеспечению и разработка структуры программного обеспечения; 3 Разработка программного обеспечения; 4 Разработка руководства оператора.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Старикова Екатерина Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева Ирина Ивановна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>1.03.2018</p>
--	------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Кашкенова Асель Асхатовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Г41	Кашкеновой Асель Асхатовне

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.01 Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость расходных материалов
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	отчисления во внебюджетные фонды (27,1%); расчет дополнительной заработной платы (13%)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	потенциальные потребители результатов исследования; анализ конкурентных технических решений; SWOT- анализ.
Планирование и формирование бюджета научных исследований	структура работ в рамках научного исследования; определение трудоемкости выполненных работ; разработка графика проведения научного исследования; бюджет научно-технического исследования.
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	определение интегрального финансового показателя; определение интегрального показателя ресурсоэффективности; определение сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Оценка конкурентоспособности технических решений Матрица SWOT Альтернативы проведения НИ График проведения и бюджет НИ Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018.
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н		01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Кашкенова Асель Асхатовна		01.03.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Г41	Кашкеновой Асель Асхатовне

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	27.03.01 Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования является универсальное программное обеспечение для оценки погрешности и неопределенности измерений, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW. Данный объект может применяться как в лабораториях, так и в промышленных помещениях.</p> <p>Рабочим местом может являться как лаборатория, рабочей зоной которой является стол с приборами, так и производственное помещение.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность:</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности;</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p>	<p>Проводится анализ выявленных вредных факторов производственной среды, таких как:</p> <p>повышенная напряженность электромагнитного поля;</p> <p>освещенность;</p> <p>повышенный уровень шума;</p> <p>отклонение показателей микроклимата;</p> <p>статические физические перегрузки;</p> <p>нервно-психические перегрузки;</p> <p>умственное перенапряжение, монотонность труда.</p> <p>Анализ опасных производственных факторов:</p> <p>поражение электрическим током;</p> <p>короткое замыкание;</p> <p>статическое электричество.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>В работе проведен анализ негативного воздействия на литосферу, проведен анализ потребления электроэнергии, а также рассмотрена утилизация люминесцентных ламп и</p>

	комплектующих ПК.
3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Используемая нормативно-техническая документация: СанПиН 2.2.4.3359-16 [1]; СП 52.13330.2016[2]; ГОСТ 12.1.003-2014[3]; СанПиН 2.2.4.548-96[5]; ГОСТ 12.1.004-91[6].

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г41	Кашкенова Асель Асхатовна		01.03.2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа – Информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) – 27.03.01 Стандартизация и метрология
Уровень образования – Бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники
Период выполнения – (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2018	Анализ литературы и нормативной документации	
03.04.2018	Формирование требований к системе измерений	
14.04.2018	Разработка структуры системы	
25.04.2018	Социальная ответственность	
02.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
15.05.2018	Разработка программного обеспечения	
04.06.2018	Оформление расчетно-пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 103 страницы, 23 рисунка, 18 таблиц, 20 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: неопределенность, погрешность, измерение, вычисление, программное обеспечение, автоматизация, оценка неопределенности измерения.

Объектом исследования является программное обеспечение для оценивания погрешности и неопределенности результатов измерений.

Целью работы является разработка универсального программного обеспечения для оценивания неопределенности и погрешности измерений, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW.

В процессе исследования проводились: обзор существующего программного обеспечения для обработки результатов измерений, формирование требований к программному обеспечению и разработка его структуры, а также разработка программного обеспечения и руководства оператора.

В результате исследования создано программное обеспечение для оценивания погрешности и неопределенности результатов измерений, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW.

Степень внедрения: НИР, выполняемые в отделении ОАР ТПУ.

Область применения: метрологические организации, испытательные лаборатории.

	Содержание	С.
	Введение	15
1	Обзор существующего программного обеспечения для обработки результатов измерений	17
	1.1 Программа GUM Workbench Professional	17
	1.2 Программа Uncertainty Sidekick Pro 1.0	19
	1.3 Программа Analytic Standard Uncertainty Evaluation	19
	1.4 Программа RAMAS Risk Calc	21
	1.5 Обобщение результатов анализа программного обеспечения	21
2	Методы обработки результатов измерений	26
	2.1 Погрешность прямых многократных и однократных измерений	26
	2.2 Погрешность косвенных измерений	31
	2.3 Неопределенность по типу А, типу В, суммарная, расширенная	33
3	Разработка программного обеспечения	36
	3.1 Требования, предъявляемые к программному обеспечению	36
	3.2 Разработка структуры программного обеспечения	37
	3.2.1 Лицевая панель	37
	3.2.2 Блок-диаграмма	41
	3.2.3 Импорт и экспорт данных	43
	3.3 Разработка руководства оператора	43
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
	4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	44
	4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	44
	4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	45
	4.1.3 SWOT-анализ	47
	4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	48
	4.3 Планирование научно-исследовательских работ	49
	4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	49
	4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	50
	4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	51
	4.3.4 Бюджет научно-технического исследования	54
	4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59

5	Социальная ответственность	61
5.1	Производственная безопасность	61
5.1.1	Повышенная напряженность электромагнитного поля	62
5.1.2	Недостаток освещения	63
5.1.3	Повышенный уровень шума	66
5.1.4	Неоптимальный микроклимат помещения	67
5.1.5	Нервно-психические перегрузки	68
5.2	Экологическая безопасность	69
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
5.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	75
5.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	76
	Заключение	79
	Список использованных источников	80
	Приложение А Алгоритм работы программного обеспечения	83
	Приложение Б Блок-диаграмма	84
	Приложение В Протокол оценки погрешности и неопределенности результатов измерений	87
	Приложение Г Руководство оператора	88

Введение

Необходимость разработки автоматизированных средств расчета неопределенности и погрешности измерений возникает в метрологических организациях (метрологических институтах, калибровочных и испытательных лабораториях), которые проводятся оценивание точности измерений при решении разных метрологических задач, в том числе и исследовательских.

Также существует необходимость, по возможности, облегчить работу персонала метрологических лабораторий, выделив отдельные подпрограммы для характерных задач, которые встречаются на практике для большей автоматизации процесса расчетов.

В настоящее время уже создано несколько программных средств, которые автоматизируют расчет неопределенности измерений. Но большинство из них реализуют лишь базовый алгоритм оценивания неопределенности. Указанные программные обеспечения (ПО) зачастую не имеют возможности оценивания погрешности, т.к. в большинстве стран погрешность не используется как оценка точности результатов измерений. Также многие ПО часто имеют неудобный интерфейс и не разделяют алгоритмы оценивания неопределенности по типу метрологических работ. В частности ПО, разработанные иностранными институтами, имеют англоязычный интерфейс, который не дает возможности сформировать отчет об оценивании неопределенности в русифицированном виде для дальнейшего применения, усложняя процесс обучения и работы с ПО. Вместе с менее функциональными программными средствами существуют и довольно сложные, которые имеют исчерпывающую документацию, контекстную справку, подробные примеры для каждого алгоритма. Но все эти возможности требуют опытного пользователя и принятия решений относительно использования того ли иного алгоритма или сервиса на уровне ведущего учреждения в отрасли, которое утверждает порядок выполнения работ. В рутинной же работе обычных

лабораторий будет использоваться лишь незначительная часть всех возможностей такого ПО.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка универсального программного обеспечения для оценивания неопределенности и погрешности измерений, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующих задач:

- обзор литературы по теме и нормативно-технической документации;
- формирование требований к разрабатываемому ПО;
- разработка структуры ПО;
- разработка ПО;
- разработка руководства оператора.

В первом разделе рассмотрено существующее программное обеспечение, его достоинства и недостатки. В результате сделан вывод о необходимости разработки ПО.

Второй раздел содержит краткий обзор методов обработки результатов измерений.

В третьем разделе сформированы основные требования к разрабатываемому ПО, представлена его структура, а также подробно описан процесс разработки ПО и руководства оператора.

1 Обзор существующего программного обеспечения для обработки результатов измерений

При проектировании технических систем и расчете их параметров, при определении характеристик используемых на производстве приборов и устройств, при обработке результатов измерений нельзя обойтись без расчета точности. Введение в метрологическую практику нормативов позволило в большинстве случаев формализовать процедуру обработки результатов измерений и привело к появлению на рынке ПО, предназначенных для автоматизации расчетов неопределенности измерений и технических систем.

Существующие программные обеспечения можно разделить на классы, взяв в качестве критерия универсальность [1]. Ниже будут рассмотрены наиболее интересные с этой точки зрения ПО, а в результате сравнения будет сделан общий вывод.

1.1 Программа «GUM Workbench Professional»

Программа «GUM Workbench Professional» предназначена для оценки многократных измерений. Алгоритм расчета неопределенности соответствует принципам, изложенным в Руководстве ИСО/МЭК 98-3:2008 по выражению неопределенности измерения.

Программа «GUM Workbench» поддерживает следующие функции:

- обработка свыше 512 входных величин;
- вывод результирующего значения;
- вывод промежуточных результатов;
- тригонометрические и другие функции;
- оценка неопределенности типа А и типа В;
- вычисление численных и символьных производных;
- импорт данных из MS-Excel;
- вызов справки;

- функция печати отчета;
- сохранение данных в формате Rich Text, HTML;
- вставка графиков и фотографий;
- простые диаграммы на основе рассчитанных результатов;
- поддержка метода Монте-Карло;
- встроенная база единиц измерений;

Системные требования:

- мощность процессора: Pentium 600 МГц или выше;
- оперативная память: минимум 256 МБ;
- жесткий диск: от 20 МБ до 110 МБ;
- операционная система: Windows XP, Vista, 7, 8, 8.1, 10 и NT-сервер.

На рисунке 1 представлена панель программы «GUM Workbench Professional».

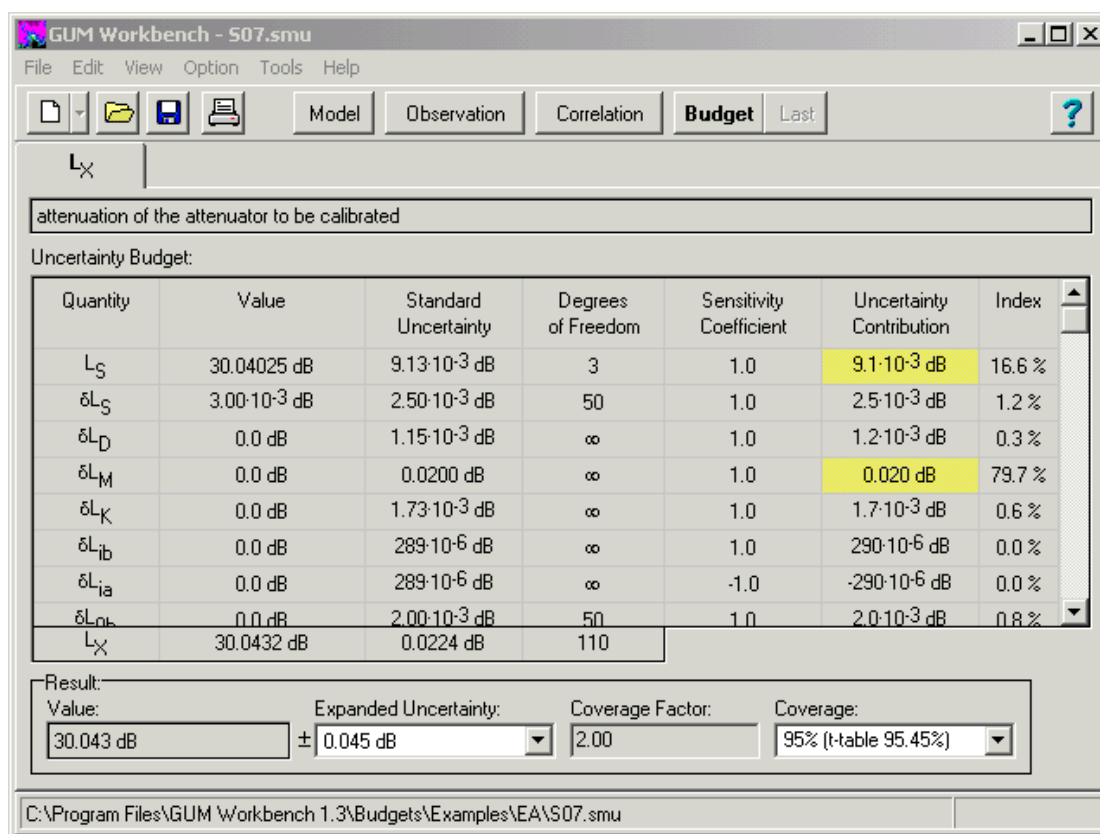


Рисунок 1– Панель программы «GUM Workbench Professional»

1.2 Программа «Uncertainty Sidekick»

Программа «Uncertainty Sidekick» представляет собой полноценный инструмент для оценки неопределенности прямых и косвенных измерений.

Программа реализует методы, согласно Руководству ИСО/МЭК 98-3:2008.

Uncertainty Sidekick является экономичным инструментом оценки неопределенности измерений для обеспечения соответствия требованиям стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025. Этот продукт является хорошим решением для анализа неопределенности для калибровочных лабораторий, которые поддерживают широкий спектр испытательного и измерительного оборудования.

Программа «Uncertainty Sidekick Pro» поддерживает следующие функции:

- обработка прямых и косвенных измерений;
- встроенная база единиц измерений и средств измерений;
- встроенная справка;
- график закона распределения и диаграмм Парето.

Программа «Uncertainty Sidekick Pro 1.0» работает на операционных системах Windows 95, 98, 2000, ME, NT, XP и 8.

На рисунке 2 представлена панель программы «Uncertainty Sidekick Pro 1.0».

1.3 Программа «Analytic Standard Uncertainty Evaluation»

Программа «Analytic Standard Uncertainty Evaluation (ASUE)» предназначена для автоматизации аналитического процесса, заменяя сложные математические шаги в аналитическом методе таблицей поиска преобразования Меллина и набором алгебраических операций. Интерфейс ASUE был специально разработан для инженеров, и поэтому прост в использовании.

Environment Parameter	Measurement Area	± Error Limits	Units	% In-Tolerance	Deg. Freedom	Interaction Coefficient*	Standard Uncertainty
Amb Temp - Gage Block	Temperature Interval	1.0	deg C	95.0		0.115	0.059
Amb Temp - Micrometer	Temperature Interval	1.0	deg C	95.0		0.056	0.0286

* Tolerance Units / Environment Parameter Units

Environmental Factors Combined Uncertainty

Standard Uncertainty: 0.030 Units: um Degrees of Freedom: ∞

Рисунок 2 – Панель программы «Uncertainty Sidekick Pro 1.0»

Программа обеспечивает оценку неопределенности, получаемую с использованием метода Монте-Карло, но с дополнительным выражением неопределенности вывода в зависимости от его входных параметров.

Программа «Analytic Standard Uncertainty Evaluation» поддерживает следующие функции:

- соответствие Руководству ИСО/МЭК 98-3:2008;
- встроенная справка;
- график закона распределения;
- обработка линейных и нелинейных функций.

На рисунке 3 представлена панель программы «ASUE» .

ASUE Toolbox

Note: The variables must be independent to each other and uncertainty is given in $u^2[y]$

GUIDE

VARIABLE	SYMMETRY	DISTRIBUTION	LOCATION PARAMETER	SCALE PARAMETER	SHAPE PARAMETER
x1	Symmetrical ▾	Normal ▾	m1	s1	Null
x2	Symmetrical ▾	Normal ▾	m2	s2	Null

ADD ROW

DELETE ROW

ENTER POLYNOMIAL (e.g. $y = x1^2 + x2^2$): $y = x1^2 + x2^2$

ASUE UNCERTAINTY
 $u^2[y]$

GUM UNCERTAINTY
 $u^2[y]$

3RD ORDER
MOMENT

4TH ORDER
MOMENT

Рисунок 3–Панель программы «ASUE»

1.4 Программа «RAMAS Risk Calc»

Программа «RAMAS Risk Calc» позволяет указывать эмпирическую информацию о параметре, включая ограничения, моменты, статистику порядка, форму или распределение, модальность, симметрию и т.д.

Используя Risk Calc возможно делать проверки качества для вероятностных оценок риска и безопасности. Он поддерживает анализ вероятностных оценок, стандартную нечеткую арифметику и классический интервальный анализ.

Особенности RAMAS Risk Calc 4.0:

- преобразование единиц;
- стандартные арифметические функции, поддерживаемые для интервальных и точечных распределений;
- учет произвольных корреляций;
- оценка неопределенности;
- гистограммы, учитывающие неопределенность выборки;
- импорт и экспорт данных из MS Excel;
- более 70 примеров скриптов из библиотек функций;
- совместимость версии с Windows XP и новее.

1.5 Обобщение результатов анализа программного обеспечения

Сравнение существующего ПО проводилось по следующим показателям:

- используемые методы обработки результатов измерений;
- наличия информативной поддержки;
- соответствие нормативным документам;
- условия распространения и использования программного обеспечения.

Всего было рассмотрено 8 ПО, хотя подробно рассмотрено 4, т.к. остальные основаны на похожих принципах работы.

Результат сравнения программ, предназначенных для оценки неопределенности, приведен в таблице 1. Знак «+» указывает на присущую данной программе возможность или особенность.

Таблица 1 - Обзор основных возможностей программного обеспечения

Возможности и особенности программ	Название программ							
	GUM Workbench Professional	Uncertainty Calculator	Uncertainty Sidekick Pro	Uncertainty Analyzer	QMsys GUM Educational	QMsys GUM Standard	ASUE	RAMAS Risk Calc
Анализ результатов прямых измерений	+	+	+	+	+	+	-	+
Анализ результатов косвенных измерений	+	-	+	+	+	+	-	+
Метод GUM для линейных моделей	+	-	+	+	+	+	+	-
Метод GUM для нелинейных моделей	+	-	-	+	-	+	+	-
Метод Монте-Карло	-	-	-		-	-	-	-
Анализ измерительных систем	-	-	-	+	-	-	-	-
Встроенная база данных единиц измерений	-	-	+	+	+	+	-	+
Встроенная база данных средств измерений	-	-	+	+	-	-	-	-
Встроенная справка	+	-	+	+	+	+	+	+
Заявленное соответствие Нормативным документам	+	-	+	+	+	+	+	-
Бесплатное распространение и использование программы	-	+	-	-	+	-	+	-

После проведенного анализа распространённых ПО, предназначенных для оценки неопределенности результатов измерений, можно сделать выводы, приведенные ниже.

Анализ измерительных систем в программах «GUM Workbench Professional» возможен только при наличии дополнительного модуля GUMCAD Version 1.2.

Общий недостаток продуктов компании Integrated Sciences Group (USA, California)– Uncertainty Sidekick Pro 1.0 и др. – это неполное соответствие используемой терминологии третьей редакции Международного метрологического словаря VIM [2].

Кроме того, ни одна из двух указанных выше ПО не ведет расчет неопределенности по методу Монте-Карло.

Отдельного внимания заслуживает критерий «заявленное соответствие нормативным документам». В своей работе инженер-метролог обязан опираться на действующие стандарты, однако есть ПО, этому критерию не удовлетворяющие.

Первая группа таких ПО – это калькуляторы, достаточно простые программные средства, ориентированные на предварительный расчет или быструю оценку неопределенности. Они дают возможность предварительно оценить точностные характеристики используемых методов, процессов или результатов измерений, не претендуя на полноценное с точки зрения математического описания решение. В таблице 1 представлен калькулятор – Uncertainty Calculator разработанный в Миссурийском университете науки и технологий. Обычно калькуляторы распространяются бесплатно или представляют собой открытые интернет-ресурсы.

Вторая группа ПО – специализированные утилиты для расчета каких-либо заранее определенных характеристик. Например, web-сервис Analytic Standard Uncertainty Evaluation (ASUE), использующий аналитическое представление уравнения измерения. Такие ПО не работают с числовыми данными, а позволяют получить аналитические выражения для центральных моментов второго, третьего и четвертого порядков, которые можно использовать для дальнейших расчетов.

Третья группа ПО – ПО, вычисление неопределенности характеристик в которых является второстепенной задачей. В таблице представлен RAMAS Risk Calc, который ориентирован на определение оценки риска в сфере защиты окружающей среды. Расчет неопределенности ведется, но не является ключевым моментом работы программного обеспечения. Обладая мощным математическим аппаратом, RAMAS Risk Calc поддерживает методы вероятностного анализа границ, классический интервальный анализ; работает с постоянными, интервальными, нечеткими числами, распределениями вероятностей и границами интервалов распределений. Программное обеспечение позволяет провести расчеты в соответствии с Международным Руководством. RAMAS Risk Calc иллюстрирует современную тенденцию в формировании функциональности прикладного программного обеспечения, так или иначе связанного с процессами измерений – включать в программу блоки расчета точностных характеристик, в роли которых может выступать неопределенность. Не используя в явном виде нормативы, такие блоки, тем не менее, дают удовлетворительный результат расчета, поскольку обладают богатым функционалом в области стандартных табличных распределений, и позволяют пользователю самому выбрать нужные коэффициенты и получить оценку расширенной неопределенности интересующих пользователя параметров [3].

В итоге можно сделать вывод об общих недостатках существующих ПО:

- наиболее функциональные ПО имеют коммерческое распространение;
- требуют дополнительного обучения персонала в области математической статистики;
- не предназначены для решения проблемы автоматизации производства в больших масштабах и повышения производительности персонала.
- округление результатов измерений происходит по законам математики, а не по регламентирующим документам.

Промежуточные вычисления можно проводить и в математических программных пакетах, но поскольку все промежуточные результаты нужно связать между собой, объединить, и оформить отчет об оценке неопределенности измерений, что все равно придется делать «вручную».

Кроме того, ни одно ПО из существующих не предназначено для оценки погрешности результата измерений, потому как погрешность в большинстве зарубежных стран не используется для оценки точности результатов измерений, в то время как в России часто применяют именно этот вид оценки.

Решение же проблемы автоматизации процесса вычисления оценок неопределенности и погрешности результатов измерений для лабораторий позволит ускорить внедрение в практику самой концепции оценивания неопределенности измерений, как основного фактора влияющего на сопоставимость результатов измерений. Учитывая все сказанное выше, можно сделать вывод о необходимости разработки программного обеспечения для оценки погрешности и неопределенности, структурированного по видам измерений, которое соответствовало бы действующим нормативно-методическим документам и принимало во внимание их многие особенности.

2 Методы обработки результатов измерений

Метод измерений – это общее описание логической последовательности операций при измерении [4]. Методы обработки результатов измерений зависят от вида измерений. Виды измерений определяются физическим характером измеряемой величины, требуемой точностью измерений, необходимой скоростью измерения, условиям и режимом измерений и т.д. Классификация видов измерений приведена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Классификация видов измерений

Для данной выпускной квалификационной работы были реализованы методы обработки прямых и косвенных, многократных и однократных измерений.

2.1 Погрешность прямых однократных и многократных измерений

Измерение называется прямым, если искомое значение физической величины получают непосредственно.

Прямые однократные измерения являются самым распространенным видом измерений. Они проводятся в случаях, когда:

- происходят необратимые изменения объекта в процессе измерения;
- повторные измерения не возможны;
- экономически нецелесообразно проведение повторных измерений.

Обработка таких измерений проводится в соответствии с ГОСТ Р 50.2.038 – 2004 «ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешности и неопределенности результата измерений» [6].

При обработке необходимо оценить систематическую и случайную погрешности.

Систематическую погрешность средства измерений оценивают по паспорту прибора, а методическую путем анализа метода измерения. Дополнительную систематическую погрешность прибора оценивают при наличии сведений о ней в паспорте.

После исключения из результатов измерений всех известных систематических погрешностей погрешность исправленного результата состоит из неисключенных систематических погрешностей (НСП) и случайных составляющих (СКО).

В качестве границ составляющих НСП принимают пределы основной и дополнительной погрешностей того средства измерений, которое было применено при поверке данного СИ в качестве рабочего эталона.

Если НСП оценены своими границами $\pm \theta$, то доверительные границы суммарной НСП находят по формуле:

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (1)$$

где θ_i – границы каждой из m составляющих;

k – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности и m .

Случайные составляющие погрешностей могут быть заданы:

- стандартными отклонениями $S_i(x)$;
- доверительными границами Δx_i .

В первом случае доверительные границы результирующей случайной погрешности определяют по формуле:

$$\varepsilon = t \sqrt{\sum_{i=1}^m S_i(x)^2}, \quad (2)$$

где $S_i(x)$ – оценка стандартного отклонения i -й составляющей;

t – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности и числа m наблюдений.

В качестве t часто берут коэффициент Стьюдента, соответствующий оценке составляющей, вычисленной по наименьшему числу наблюдений.

Во втором случае доверительные границы случайной погрешности результата измерения вычисляют по формуле:

$$\varepsilon = t \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta x_i^2}. \quad (3)$$

При необходимости суммирование параметров систематических и случайных погрешностей проводят по формуле:

$$\Delta = \frac{tS(\bar{x}) + \theta}{S(\bar{x}) + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \theta_i^2}} S_{\Sigma}, \quad (4)$$

где $S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \theta_i^2 + S(\bar{x})^2}$ – оценка суммарного СКО суммарной погрешности;

$\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \theta_i^2$ – дисперсия НСП, для которых принято равномерное распределение;

$S(\bar{x})^2$ – дисперсия НСП, для которых принято нормальное распределение.

Результат однократного измерения записывают в форме $x_{\text{испр}} \pm \varepsilon$.

На практике часто применяются прямые однократные измерения с приближенным оцениванием погрешности, которые проводят на основе известных метрологических характеристик используемых средств измерений.

Прямые однократные измерения с приближенным оцениванием погрешности правомочны, если доказана возможность пренебречь случайной

составляющей погрешности измерения, т.е. когда стандартное отклонение $S(\bar{x})$ меньше одной восьмой суммарной границы НСП θ результата измерения, т.е.

$$\theta > 8S(\bar{x}). \quad (5)$$

В простейшем случае, когда измерение проводят в нормальных условиях, погрешность прямого однократного измерения может быть принята равной пределу основной погрешности средства измерения $\Delta_{\text{си}}$. Результат измерения записывают в виде $x \pm \Delta_{\text{си}}$.

Порядок обработки **прямых многократных** измерений устанавливает ГОСТ 8.736- 2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения» [7].

Обработка производится в следующем порядке:

1) Путем введения поправок исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений.

2) Вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимая его за оценку истинного значения измеряемой величины:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (6)$$

3) Вычисляют оценку среднеквадратического отклонения результатов наблюдений:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (7)$$

4) Вычисляют оценку среднеквадратического отклонения среднего арифметического (результата измерения) по формуле:

$$S(\bar{x}) = S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (8)$$

5) Проверяют гипотезу о нормальности распределения результатов наблюдения.

Предполагается, что распределение имеет нормальный закон.

6) Если результаты наблюдений распределены нормально, то определяют наличие грубых погрешностей и промахов, и если последние обнаружены, соответствующие результаты отбраковывают и повторяют вычисления. В частности, таким критерием может служить критерий Граббса.

7) Вычисляют доверительные границы случайной погрешности по формуле:

$$\varepsilon = \pm t \cdot S(\bar{x}), \quad (9)$$

где t – коэффициент Стьюдента для данного уровня доверительной вероятности P и объема выборки n . Число степеней свободы принимается равным $n - 1$.

8) Определяют границы НСП результата измерений по формуле:

$$\theta = k \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \dots + \theta_m^2} = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (10)$$

где θ_i – границы каждой из m составляющих;

k – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности и m .

9) Вычисляют доверительные границы погрешности результата Δ .

На этом этапе суммируются систематическая и случайная составляющая погрешности.

Если $\theta < 0,8 \cdot S(\bar{x})$, то НСП пренебрегают, и результат характеризуют только случайной погрешностью, т.е.

$$\Delta = \varepsilon. \quad (11)$$

Если $\theta > 8 \cdot S(\bar{x})$, то результат характеризуют только границами НСП, т.е.

$$\Delta = \theta. \quad (12)$$

Если $0,8S(\bar{x}) \leq \theta \leq 8S(\bar{x})$, то границу погрешности результата измерений находят по формуле:

$$\Delta = \frac{tS(\bar{x}) + \theta}{S(\bar{x}) + \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m \theta_i^2}} S_{\Sigma}. \quad (13)$$

10) Результат измерения записывают в виде:

$$\bar{x} \pm \Delta, P_d. \quad (14)$$

2.2 Погрешность косвенных измерений

Измерение называется косвенным, если искомое значение физической величины определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, которые связаны с искомой физической величиной функционально.

Методика обработки *косвенных измерений* приведена в МИ 2083-90 «ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей» [8].

Косвенные измерения бывают линейные и нелинейные.

При линейных косвенных измерениях уравнение измерений имеет вид:

$$y = \sum_{i=1}^m b_i \cdot x_i, \quad (15)$$

где b_i – постоянные коэффициенты при аргументах x_i .

Любые другие виды функциональной зависимости относят к нелинейным косвенным измерениям.

Для нахождения оценки линейных косвенных измерений переходят к статистическому (геометрическому) суммированию погрешностей аргументов по формуле:

$$\Delta y = k \sqrt{\sum_{i=1}^m b_i^2 \cdot \Delta x_i^2}, \quad (16)$$

где k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью.

Если погрешности измерения аргументов заданы доверительными границами с одинаковыми доверительными вероятностями P_d , то при нормальном распределении этих погрешностей доверительные границы результата находят по формуле:

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^m [b_i \Delta x_i (P_d)]^2} . \quad (17)$$

Нелинейные косвенные измерения характеризуются тем, что результаты измерений аргументов подвергаются функциональным преобразованиям.

Поэтому при нелинейных косвенных измерениях отказываются от интервальных оценок погрешности результата, ограничиваясь приближенной оценкой ее границ. В основе приближенного оценивания погрешности нелинейных косвенных измерений лежит линеаризация функции, а дальнейшая обработка проводится как при линейных косвенных измерениях.

Метод линеаризации состоит в том, что нелинейная функция, связывающая измеряемую величину с аргументами, разлагается в ряд Тейлора:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m) = f(x_0, x_0, \dots, x_0) + \sum_{i=1}^m \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i + R, \quad (18)$$

где $\partial f / \partial x_i$ – первая частная производная от функции f по аргументу x_i (чувствительность), вычисленная в точке x_0, x_0, \dots, x_0 ;

$\Delta x_i = x_i - x_0$ – отклонение;

$$R = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i \Delta x_j - \text{остаточный член ряда.}$$

Метод линеаризации применим, если остаточным членом ряда можно пренебречь. Это возможно при условии:

$$R < 0,8 \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 S(x_0)^2}, \quad (19)$$

где $S(x_0)$ – СКО случайной погрешности результата измерений аргумента x_i .

2.3 Неопределенность по типу А, типу В, суммарная и расширенная

Неопределенность измерения – это неотрицательный параметр, характеризующий разброс значений, приписываемых измеряемой величине, основанный на имеющейся информации.

При *оценивании типа А* получают ряд повторных измерений для определения дисперсии результата измерения.

Положительный квадратный корень из дисперсии называется стандартной неопределенностью типа А (u_A).

Среднее значение \bar{x} для n независимых наблюдений находят по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (20)$$

Далее оценивают дисперсию наблюдений:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (21)$$

Находят дисперсию среднего \bar{x} :

$$\sigma^2(\bar{x}) = \frac{\sigma^2(x)}{n}. \quad (22)$$

Число наблюдений n должно быть достаточно большим, так чтобы \bar{x} обеспечивало надежную оценку среднего значения, а $\sigma^2(\bar{x})$ обеспечивало надежную оценку дисперсии среднего.

Стандартная неопределенность типа А определяется как:

$$u_A(x) = \sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}}. \quad (23)$$

При *оценивании типа В* используется информация, найденная в отчетах о поверке (калибровке), сертификатах, данных производителя и т.д.

При оценивании типа В, оценка дисперсии $\sigma^2(x)$ или СКО $\sigma(x)$ получается путем аналитического исследования с использованием всей имеющейся информации о возможной изменчивости x .

Источниками этой информации могут быть:

- данные предыдущих измерений,
- опыт работы или общее знание поведения и свойств соответствующих материалов и инструментов,
- данные производителя СИ (паспорт, данные калибровки/поверки и других сертификатов) и
- неопределенности констант и справочных данных.

Если задан доверительный интервал при соответствующем уровне доверительной вероятности, то его следует преобразовать в стандартную неопределенность, трактуя ее так, как если бы для ее расчета было использовано нормальное распределение, и деля половину заданного интервала на соответствующий коэффициент охвата k для такого распределения.

Если неопределенность задана с коэффициентом охвата k , для получения стандартной неопределенности необходимо разделить указанное значение на коэффициент k .

В некоторых случаях известны только верхний и нижний пределы для измеряемой величины. Тогда можно моделировать величину прямоугольным или треугольным распределением вероятности и оценивать нижние и верхние границы a_- и a_+ для значения измеряемой величины – такого, что вероятность того, что значение лежит в интервале от a_- до a_+ практически равна 100 %.

Наилучшая оценка среднего значения величины тогда равна $(a_- + a_+)/2$.

Для прямоугольного распределения стандартная неопределенность равна:

$$u_B = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad (24)$$

где $a = (a_- + a_+)/2$.

Если распределение треугольное, то:

$$u_B = \frac{a}{\sqrt{6}}. \quad (25)$$

Если распределение нормальное, то:

$$u_B = \frac{a}{\sqrt{9}}. \quad (26)$$

Во многих случаях результат измерения получается путем использования уравнения, связывающего между собой физические величины (косвенное измерение).

В таких случаях неопределенность вычисляется путем комбинирования стандартных неопределенностей физических величин как суммарная стандартная неопределенность.

Суммарная стандартная неопределенность результата измерения y , связанного с входными физическими величинами x_1, x_2, \dots, x_m соотношением: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ определяется формулой:

$$u_c^2(y) = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2 u^2(x_1) + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^2 u^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_m} \right)^2 u^2(x_m), \quad (27)$$

где $u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_m)$ – стандартные неопределенности, оцененные, как описано выше (оценивание типа А и оценивание типа В) для каждой входной величины.

Расширенная неопределенность является аналогом доверительного интервала результата измерения.

Она получается умножением суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$ на коэффициент охвата k :

$$U = k \cdot u_c(y). \quad (28)$$

Тогда результат измерения выражается как $y \pm U$ при доверительном уровне. Значение коэффициента k выбирается на основе желательного уровня доверия, связываемого с интервалом охвата $(y - U, y + U)$.

3 Разработка программного обеспечения

Разработка программного обеспечения проводилась в несколько этапов, рассмотренных ниже.

3.1 Требования, предъявляемые к программному обеспечению

В соответствии с ГОСТ Р 8.654-2015 «ГСИ. Требования к программному обеспечению средств измерений», который устанавливает требования, предъявляемые к ПО средств измерений, конструкция средств измерений должна обеспечивать ограничение доступа к определенным частям ПО в целях предотвращения несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут привести к искажениям оценки результатов измерений [9].

ПО следует сопровождать документацией, соответствующей требованиям нормативных документов, относящихся к программной документации. Документация должна полно и однозначно описывать назначение, основные функции, структуру и другие необходимые параметры и характеристики ПО.

Документация, сопровождающая ПО должна содержать:

- наименование ПО;
- описание структуры ПО и выполняемых функций, в том числе последовательность обработки данных;
- описание реализованных в ПО расчетных алгоритмов, а также их блок-схемы;
- описание модулей ПО;
- перечень интерфейсов и перечень команд для каждого интерфейса, в том числе для интерфейсов связи и пользователя, включая заявление об их полноте;
- характеристики требуемых системных и аппаратных средств.

Графическая и текстовая информация в технической документации ПО должна быть представлена таким образом, чтобы она была пригодна для полного и однозначного понимания.

Команды и данные, введенные через интерфейс пользователя СИ, не должны оказывать недопустимое влияние на метрологически значимое ПО и данные.

ПО должно содержать средства защиты и обнаружения, отображения или устранения сбоев (функциональных дефектов) и искажений, которые нарушают целостность ПО и данных.

Также разрабатываемое программное обеспечение должно оценивать погрешность и неопределенность измерений: прямых и косвенных, многократных и однократных в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, и иметь удобный русифицированный интерфейс.

3.2 Разработка структуры программного обеспечения

Программное обеспечение структурировано по видам измерений. Разрабатывалось по модульному принципу. Программное обеспечение состоит из лицевой панели и блок-диаграммы. Модульная структура ПО представлена на рисунке 5.

Разработка ПО проводилась в среде графического программирования LabVIEW [10].

3.2.1 Лицевая панель

Лицевая панель программного обеспечения состоит из четырех блоков.

- 1 Исходные данные;
- 2 Данные для обработки;
- 3 Промежуточные результаты;
- 4 Результат оценивания.

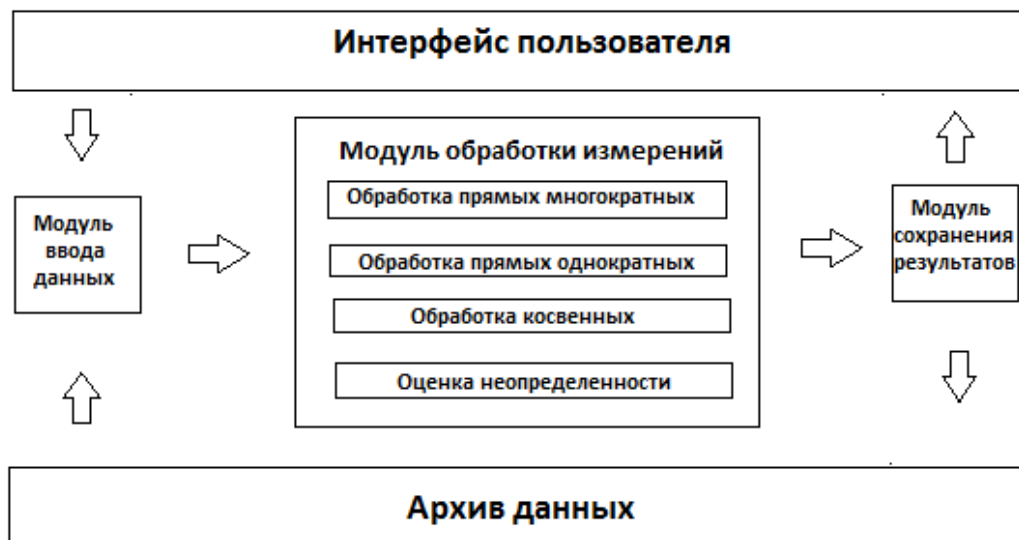


Рисунок 5 – Модульная структура ПО

Лицевая панель содержит массивы значений величин, тумблеры, различные кнопки и индикаторы с вычисленными значениями искомых величин, а также индикаторы результата измерения и промежуточные результаты. Лицевая панель представлена на рисунках 6 - 9.

Лицевая панель состоит из элементов:

- 1 – фамилия оператора;
- 2 – дата осуществления оценки;
- 3 – единицы измерения;
- 4 – путь к файлу;
- 5 – загрузка данных из файла;
- 6 – массив измеренных значений;
- 7 – тумблер выбора вида оценки;
- 8 – вид измерений;
- 9 – по числу измерений;
- 10 – вид погрешности СИ;
- 11 – доверительная вероятность;
- 12 – погрешность используемых СИ;
- 13 – кнопка расчета;

Исходные данные

Фамилия:

Дата:

Единицы измерения:

Загрузить из файла:

Измеренные значения

Данные для обработки

Погрешность:

Неопределенность:

Вид измерений:

По числу измерений:

Вид погрешности СИ:

Доверительная вероятность:

Погрешности СИ:

Документ:

Рассчитать:

Результат оценивания

Результат:

Единица измерения:

Коеф. Стьюдента:

Ошибка:

Сохранить:

Промежуточные результаты

Неопределенность типа А:

Неопределенность типа В:

Суммарная неопределенность:

Расширенная неопределенность:

Рисунок 6 – Лицевая панель программного обеспечения

- 14 – регламентирующий документ;
- 15– результат оценивания;
- 16 – единица измерения;
- 17 – путь к файлу;
- 18 – используемый коэффициент Стьюдента;
- 19 – сохранить;
- 20 – ошибка;
- 21 – неопределенность по типу А;
- 22 – неопределенность по типу В;
- 23 – суммарная неопределенность;
- 24 – расширенная неопределенность;
- 25 – формула для косвенных измерений;
- 26 – входные данные для оценки неопределенности по типу В;
- 27 – тип распределения.

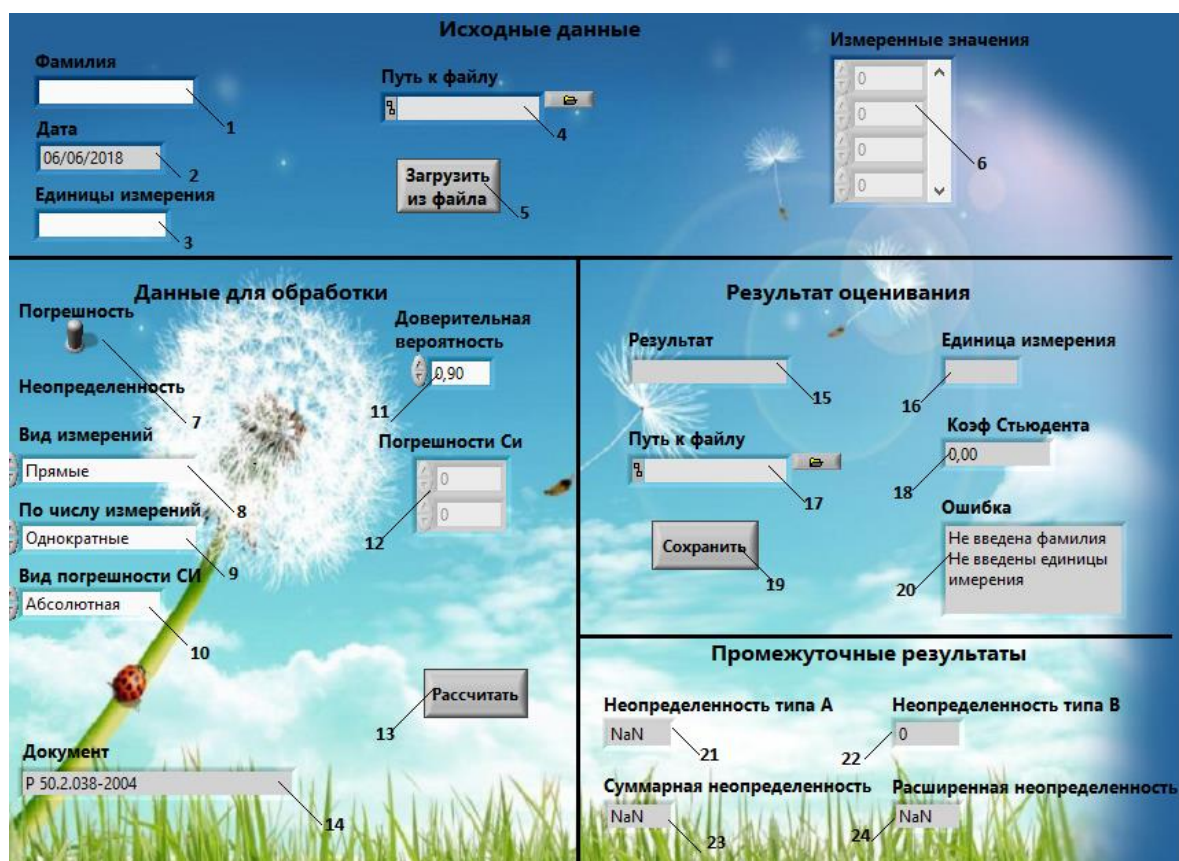


Рисунок 7 – Лицевая панель программного обеспечения в режиме оценки погрешности прямых однократных измерений



Рисунок 8 – Фрагмент лицевой панели программного обеспечения в режиме оценки погрешности косвенных измерений



Рисунок 9 – Фрагмент лицевой панели программного обеспечения в режиме оценки неопределенности измерений

3.2.2 Блок-диаграмма

Ход работы с программным обеспечением указан ниже.

Заполните необходимые поля блока «Исходные данные».

- 1) Укажите фамилию оператора в поле 1.
- 2) Внесите в поле 6 измеренные значения величин, либо в поле 4 укажите путь к текстовому файлу. Если выбрана загрузка из файла, то нужно нажать кнопку 5.

- 3) Укажите единицы измерения в поле 3.

Примечание: дата в поле 2 будет указана автоматически, в соответствии с установленной датой на ПК.

Заполните необходимые поля блока «Расчет».

- 1) Выберите с помощью положения тумблера 7 вид оценки точности результатов измерений (погрешность/неопределённость).

2) Укажите значения погрешностей использованных средств измерений в поле 12 (СИ), вид погрешности СИ (абсолютная/относительная/приведенная) в поле 10 и доверительный интервал в поле 11.

Если рассчитывается погрешность:

- выберите вид измерений (прямые/косвенные) в поле 8, после чего укажите число измерений (однократные/многократные) в поле 9.
- если измерения косвенные, то в поле 25 укажите уравнение связи между величинами.

Если рассчитывается неопределенность:

- для прямых однократных измерений выберите входные данные для оценки неопределённости по типу В (доверительный интервал/коэффициент охвата/ пределы интервала) в поле 26 .

При выборе доверительного интервала, укажите доверительную вероятность.

При выборе коэффициента охвата, укажите заданный коэффициент охвата.

При выборе пределов интервала, укажите пределы измеряемой величины и тип распределения.

После заполнения необходимых полей нажмите кнопку «Рассчитать».

В поле 14 будет отображаться наименование регламентирующего документа в соответствии с выбранными параметрами.

В блоке «Результаты оценивания» в поле 15 отобразится результат расчета, представленный в соответствии с МИ 1317-2004, в поле 16 указанные единицы измерения.

Также в поле 18 отобразится использовавшийся коэффициент Стьюдента, а в полях 21 - 24 все промежуточные результаты измерения неопределённости, а именно неопределённость по типу А, по типу В, суммарная и расширенная.

В поле 17 укажите путь к файлу с расширением MS Excel для сохранения протокола обработки результатов измерений.

По завершении работы осуществите выход из ПО, нажав красный крестик в верхнем правом углу.

Алгоритм работы ПО представлен в приложении А.

Блок-диаграмма ПО представлена в приложении Б.

3.2.3 Импорт и экспорт данных

Импорт и экспорт данных осуществляется из/в текстовый файл, имеющий расширение MS Excel, с помощью блоков:

- Write to spreadsheet file;
- Read to spreadsheet file.

Протокол оценки погрешности и неопределенности результатов измерений представлен в приложении В.

3.3 Разработка руководства оператора

Разработка руководства оператора осуществлялась в соответствии с регламентирующим документом - ГОСТ 19.505-79 «ЕСПД. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению» [11].

Руководство оператора представлено в приложении Г.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ВКР включает в себя разработку универсального программного обеспечения для оценивания погрешности и неопределенности, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW. В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» будут рассмотрены:

- потенциальные потребители результатов исследования;
- анализ конкурентных технических решений;
- SWOT- анализ;
- возможные альтернативы проведения научного исследования;
- трудоемкость выполнения работ;
- график проведения научного исследования;
- бюджет научно-технического исследования (НТИ);
- ресурсная (ресурсосберегающая), финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей научной разработки необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментировать рынок по разработке универсального программного обеспечения для оценивания погрешности и неопределенности можно по следующим критериям: тип потребителя и модификация разработки. Карта сегментирования рынка по модификации разработки универсального

программного обеспечения для оценивания погрешности и неопределенности представлена на рисунке 10.

По итогам сегментирования определены основные сегменты данного рынка. Испытательные лаборатории и метрологические организации испытывают нужду в разработке универсального программного обеспечения для оценивания погрешности и неопределенности. Промышленные компании, ввиду сравнительно малого количества проводимых измерений, могут быть удовлетворены, используя для оценивания погрешности и неопределенности стандартные программные средства.

		Вид программного обеспечения	
		MS Excel	Разрабатываемое ПО
Потребитель	Метрологическая организация		
	Испытательная лаборатория		
	Промышленная компания		

Рисунок 10– Карта сегментирования рынка

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для того, чтобы выявить ресурсоэффективность научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, необходимо провести анализ конкурентных технических решений. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 2, где в качестве конкурентных разработок для сравнения были взяты следующие разработки: Uncertainty Analyzer 3.0 (K1) и QMsys GUM Educational (K2).

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (29).

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (29)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Таблица 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,2	4,6	4	4	0,92	0,8	0,8
2. Удобство в эксплуатации	0,12	3,6	1,5	2	0,432	0,18	0,24
3.Достоверность результатов	0,15	3,5	3,3	3,6	0,525	0,495	0,54
4.Безопасность	0,3	4	3,5	4,5	1,2	1,05	1,35
5.Потребность в ресурсах памяти	0,6	3,5	2,5	3,5	2,1	1,5	2,1
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	4	3	2,5	0,6	0,45	0,375
7.Качество интеллектуального интерфейса	0,9	3	2,5	3,5	2,7	2,25	3,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность	0,5	3,5	3,5	3	1,75	1,75	1,5
2.Цена	0,11	2,5	4	2,5	0,275	0,44	0,275
3.Предполагаемый срок эксплуатации	0,4	3,5	2	1,5	1,4	0,8	0,6
Итог	1						

Главным преимуществом разрабатываемой в рамках ВКР программного обеспечения является возможность оценки как погрешности, так и неопределенности, русскоязычный интерфейс, сравнительно маленькая цена и

возможность использования в разных областях, в то время как конкурентные разработки узконаправленны и их цена значительно дороже.

Таким образом, данные особенности дают преимущество разработке и позволят ей занять свою нишу на целевом рынке.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям среды. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 3, которая помогает скорректировать направление реализации проекта.

Все результаты SWOT-анализа представлены ниже.

Таблица 3 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1 Повышение производительности труда пользователя; С2. Простота эксплуатации ПО; С3. Расширенные функции ПО (оценка как погрешности, так и неопределенности); С4. Русифицированный интерфейс; С5. Достоверность результатов измерений.	Слабые стороны: Сл1.Проблемы внедрения ПО; Сл2.Незавершенность проекта (находится в стадии разработки); Сл3.Ограниченное число входных данных; Сл4.Необходимость установки на ПК среды разработки LabVIEW.
--	--	---

Продолжение таблицы		
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Повышение стоимости конкурентных разработок;	В2С1С2С4С5: Благодаря техническим возможностям разработки, ее удобству в использовании, продукт можно продвигать также и на новом целевом рынке.	В1В2Сл1Сл2: С помощью развитой инфраструктуры ТПУ возможно быстрое внедрение ПО.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Развитая конкуренция технологий производства; У3. Ограничения на экспорт технологии; У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.	У2С1С2С4С5: Постоянное обновление разработки обеспечит конкурентоспособность.	У3Сл1Сл2: Расширение функциональных возможностей позволит выйти на внешний рынок.

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Простота эксплуатации, сокращение затрачиваемого времени на обработку данных пользователя, а главное достоверность результатов позволяют использовать практически все возможности для развития исследований. Однако, слабые стороны проекта в сочетании с внешними угрозами ставят под вопрос будущее развитие проекта. Для их минимизации необходимо продолжать работу по расширению функционала программного обеспечения и повышению достоверности оценки результатов измерений.

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для выявления возможных альтернатив проведения разработки может быть применен морфологический подход, который основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Результаты применения морфологического подхода приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Морфологическая матрица

Вариант	1	2	3
А. Среда разработки	LabVIEW	Eclipse	Netbeans
Б. Язык программирования	G	Java	C++
В. Оценка погрешности/неопределенности	Погрешности и неопределенности	неопределенности	неопределенности
Г. Вид измерений	Прямые и косвенные	прямые	косвенные

Для данной матрицы наиболее желательным вариантом решения оказался вариант 1.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и непосредственно студент (С),

выполняющий написание бакалаврской ВКР. Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования с указанием исполнителей представлен в таблице 5

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	НР
	2	Анализ актуальности	НР
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	С
	4	Выбор направления исследований	НР, С
	5	Календарное планирование работ по теме	С
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Обзор литературы по теме	НР, С
	7	Подбор нормативных документов	С
	8	Разработка программного обеспечения	С
	9	Тестирование системы измерений	С
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности работы системы	НР, С
	11	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	С

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется формула (30):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (30)$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p по формуле 31, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{\chi_i}, \quad (31)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

χ_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

В качестве графика проведения научного исследования использовалась диаграмма Ганта, т.к. она является наиболее наглядным и удобным способом построения ленточного графика.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (32)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (33)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Полученные данные сведены в таблице 6.

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работы в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
	НР	С	НР	С	НР	С	НР	С	НР	С
Составление и утверждение темы проекта	2	–	4	–	2,8	–	1,4	–	2	–
Анализ актуальности	2	–	4	–	2,8	–	1,4	–	2	–
Подбор и изучение материалов по теме	–	10	–	15	–	12	–	12	–	15
Выбор направления исследований	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	1,6	2	2
Календарное планирование работ по теме	–	1	–	5	–	2,6	–	2,6	–	4
Обзор литературы по теме	–	5	–	10	–	7	–	7	–	10
Подбор нормативных документов	–	2	–	4	–	2,8	–	2,8	–	4
Разработка программного обеспечения	–	35	–	55	–	43	–	43	–	54
Тестирование системы измерений	–	5	–	7	–	5,8	–	5,8	–	8
Оценка эффективности работы системы	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	2	2
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	–	10	–	15	–	12	–	12	–	15

На основе таблицы 6 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам. В таблице 7 представлен календарный план-график для первого исполнения.

Таблица 7 – Календарный план-график для первого исполнения

№	Содержание работы	Исполнитель	T _{кi} , кал.дн	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	НР	2												
2	Анализ актуальности	НР	2												
3	Подбор и изучение материалов по теме	С	15												
4	Выбор направления исследований	НР	2												
5	Календарное планирование работ по теме	С	4												
6	Обзор литературы по теме	С	10												
7	Подбор нормативных документов	С	4												
8	Разработка программного обеспечения	С	54												
9	Тестирование системы измерений	С	8												
10	Оценка эффективности работы системы	НР	2												
11	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	С	15												

4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (34)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 8 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 8 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы, руб.
Лицензия на среду разработки	Шт.	1	120000	120000
Заправка картриджа	Шт.	1	300	300
Упаковка бумаги формата А4	Шт.	1	260	260
Итого				120560

Необходимо учитывать, что разработка проекта ведется с использованием средств целевой организации, и указанная в таблице 8 лицензия используются для многих реализуемых в организации проектов.

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ включает все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной техники, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Расчет по приобретению спецоборудования включены в таблицу 9.

Таблица 9 - Расчет бюджета на приобретение спецоборудования

Наименование	Цена за ед.,руб.	Количество	Сумма, руб.
Персональный компьютер	40000	1	40000
Интернет кабель	200	1	200
Итого			40200

Заработная плата участников выполнения НТИ складывается из основной заработной платы и дополнительной и рассчитывается по формуле:

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (35)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от основной).

В свою очередь основная заработная плата одного исполнителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (36)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}}, \quad (37)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (праздники/выходные)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	50	60
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	187

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\partial}) \cdot k_p, \quad (38)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Месячный должностной оклад работников Томского политехнического университета указан в «Таблице окладов ППС и НС» ТПУ.

Расчет основной платы представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	k_t	$Z_{тс}$, руб.	$k_{п$ р	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	Тр, раб. дн.	$Z_{ос$ н, руб.
НР	2,047	1228,20	0,3	0,2	1,3	2394,99	137,16	8	1089,3
С	1,407	844,20	0,3	0,2	1,3	1646,19	91,55	110	10070,81
Итого									11160,1

Дополнительная заработная плата учитывает величину доплат за отклонения от нормальных условий труда, предусмотренных Трудовым кодексом Российской Федерации, а также выплаты, связанные с обеспечением компенсаций и гарантий.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (39)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,13.

В результате получили следующие значения:

$$Z_{допНР} = 141,61 \text{ руб.};$$

$$Z_{допС} = 1450,81 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды отражают обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (40)$$

где $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 12.

Исполнители	$k_{внеб}$	$З_{осн}$, руб.	$З_{доп}$, руб.	$З_{внеб}$, руб.
НР	0,271	1089,3	141,61	333,58
С	0,271	10070,81	1450,81	3122,36
Итого		11160,1	1592,42	3455,94

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}), \quad (41)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16 %.

Получили следующие значения:

$$З_{накл}(НР) = 250,32 \text{ руб.};$$

$$З_{накл}(С) = 2343,04 \text{ руб.}$$

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Номер пункта
	НР	С	
Материальные затраты НТИ	120560	120560	3.4.1
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	1089,3	10070,81	3.4.2
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	141,61	1450,81	3.4.3
Отчисления во внебюджетные фонды	333,58	3122,36	3.4.4
Накладные расходы	250,32	2343,04	3.4.5
Бюджет затрат НТИ	122374,81	137547,02	с 3.4.1 по 3.4.5

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (42)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}. \quad (43)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = 1.$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = 0,89.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (44)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительный анализ приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Удобство при разработке	0,25	1	5
2. Удобство в эксплуатации	0,23	4	5
3. Удобство в дальнейшей поддержке проекта	0,15	2	4
4. Уменьшение времени разработки	0,15	1	5
5. Производительность	0,12	4	4
6. Использование наработок и компонентов в других проектах	0,1	4	5
Итого	1	2,5	4,73

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{исп}i}^{\text{финр}}}. \quad (45)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Сравнительная эффективность разработок

п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	1
	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2,5	4,73
	Интегральный показатель эффективности	2,81	4,73
	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,68

Несмотря на то, что первый вариант исполнения оказался самым неэффективным, необходимо учитывать то, что среда разработки LabVIEW, применяемая для данного проекта, используется в учебных целях, и ее характеристики могут давать больше возможностей для разработки и обучения студентов.

5 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий в которых будет реализовываться разработка универсального программного обеспечения для оценивания погрешности и неопределенности, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW. В дальнейшем, разработку, полученную в ходе написания данной ВКР, будет использовать инженер-метролог. Рабочим местом может являться как лаборатория, рабочей зоной которой является стол с приборами, так и производственное помещение.

В данном разделе указаны такие вредные производственные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения, повышенный уровень шума и такой опасный фактор, как электрический ток.

Также указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного или чрезмерного воздействия. Также была указана чрезвычайная ситуация, которая может произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае ее возникновения.

5.1 Производственная безопасность

Вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003 при работе с компьютером представлены в таблице 16 [12].

Таблица 16 – Вредные факторы по природе действия

Вредные факторы по природе действия	
Физические	<ul style="list-style-type: none">– повышенный уровень электромагнитных излучений;– недостаточная освещенность рабочей зоны;– повышенный уровень шума на рабочем месте;

	– отклонение показателей микроклимата
Психофизиологические	– статические физические перегрузки; – нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение, монотонность труда.

Опасным производственным фактором при работе с компьютером является поражение электрическим током.

Далее более подробно будут изучены выявленные вредные и опасные факторы. Каждый фактор рассматривается в последовательности:

- источник возникновения фактора;
- физико-химическая природа фактора;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью;
- предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные)

для минимизации воздействия фактора.

5.1.1 Повышенная напряженность электромагнитного поля

При работе с компьютером пользователь получает электромагнитное излучение от экрана монитора и системного блока. Электромагнитное излучение при работе с компьютером влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы. Длительное воздействие электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) на организм человека может приводить к торможению функций кроветворных органов, снижению сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям, нарушению нормальной свертываемости крови и другим неблагоприятным последствиям.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 предельно допустимые уровни электромагнитных полей на рабочих местах пользователей персональными компьютерами (ПК) и другими средствами информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) не должны превышать значений, представленных таблице 17 [13] .

Таблица 17 – ПДУ электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК и другими средствами ИКТ

Нормируемые параметры		ПДУ
Напряженность электрического тока	5 Гц-2 кГц	25 В/м
	2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц-2 кГц	250 нТл
	2 кГц-400 кГц	25 нТл
Плотность потока энергии	300 МГц-300 ГГц	10 мкВт/см ²
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

К средствам индивидуальной защиты при работе на компьютере относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения, защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики «компьютерного зрительного синдрома». Очки уменьшают утомляемость глаз на 25-30 %. Их рекомендуется применять всем операторам при работе более 2 ч в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы.

5.1.2 Недостаток освещения

Производственное освещение является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности человека. Выполнение зрительной работы при недостаточной освещенности рабочего места может привести к развитию некоторых дефектов зрения:

- близорукость ложная и истинная;
- дальнозоркость истинная и старческая.

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное и искусственное освещения [14].

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Расчет искусственного освещения

Задачей расчета является выполнение общего равномерного освещения помещения. Размеры помещения 5,5х7х4 м, потолок в лаборатории имеет светлую окраску, стены и пол – темную.

Способ размещения светильников в лаборатории – симметричный, это обеспечивает равномерное освещение оборудования и рабочих мест. Определяем отношение расстояния между светильниками α и высотой их подвеса h_c . В зависимости от типа светильника отношение α/h_c при расположении светильников прямоугольником может быть равным 1.4-2. При $h_c = 0.3$ м; $a = 0.6$ м : $a/h_c = 0.6/0.3 = 2$.

Высота расположения светильника над рабочей поверхностью:

$$H_c = H - h_c - h_P, \quad (46)$$

где H - общая высота помещения, м;

h_c - высота подвеса светильника, м;

h_P - высота от пола до освещаемой поверхности, м.

Находим расстояние между рядами светильников:

$$\alpha = 1.4 * H_c. \quad (47)$$

$$\alpha = 1.4 * 2.9 = 4.06 \text{ м.}$$

Определяем площадь помещения:

$$S = A \cdot B, \quad (48)$$

$$S = 5.5 \cdot 7 = 38.5 \text{ м}^2.$$

Коэффициент запаса, предусматривающий уменьшение световой отдачи ламп при старении и загрязнении, принимаем равным 1.5.

В качестве источника света используются светильники ОД-2-80 с лампами ЛД. В зависимости от уровня освещенности, площади помещения и высоты подвеса принимаем удельную мощность светильника $W = 15 \text{ Вт/м}^2$.

Общая установочная мощность:

$$P = S \cdot W, \quad (49)$$

$$P = 38,5 \cdot 15 = 577,5 \text{ Вт.}$$

Находим количество светильников:

$$n = P/N, \quad (50)$$

где N - мощность одного светильника, равная 160 Вт.

$$n = 577,5/160 = 4 \text{ шт.}$$

Светильники устанавливаются в три ряда, учитывая длину помещения равную 7 м, расстояние между светильниками в одном ряду 2.5 м, расстояние до ближайшей стенки 1.5 м.

Размеры светильника: длина 1.53 м; ширина 0.266 м; высота 0.198 м.

При расчете общего равномерного освещения принимаем метод коэффициента использования.

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$F = EKZS/n\eta, \quad (51)$$

где E - минимальная освещенность;

K - коэффициент запаса;

n - число ламп в помещении;

η - коэффициент использования;

Z - коэффициент равномерности.

Для определения значения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения, который вычисляется по формуле:

$$i = S/(HC * (A+B)), \quad (52)$$

где S - площадь помещения;

HC - высота подвеса светильников;

AB - стороны помещения;

$$i = 38.5/(2.9 * (5.5+7)) = 1.1$$

По таблице использования определяем значения $\rho_{\text{стен}} = 50$, $\rho_{\text{потол}} = 70$, а коэффициент использования $\eta = 70$, коэффициент равномерности освещения Z также находим по таблице, он равен 1,5

$$F = 200 \cdot 1.5 \cdot 38.5 \cdot 1.5 / (18 \cdot 0.7) = 1375.$$

Сравнивая расчетное значение светового потока каждой лампы с табличным значением светового потока 3440, делаем вывод, что значение расчетное светового потока каждой лампы вполне достаточно для данного помещения, т.к. удовлетворяет условию.

$$F = F_{\text{расч}} \pm 10\% F_{\text{табл}}, \quad (53)$$

$$1512.5 = 1375 \pm 10\%$$

Таким образом, в лаборатории площадью 38.5 м² необходимо установить девять светильников ОД-2-80 с лампами ЛД в три ряда. Расстояние между светильниками в одном ряду составляет 2,5 м, расстояние до ближайшей стенки составляет 1.5 м.

Плановое размещение светильников в помещении представлено на рисунке 11.

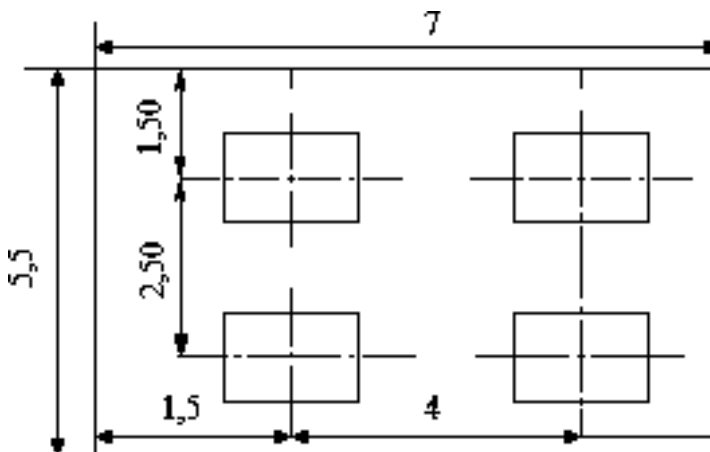


Рисунок 11 – Плановое размещение светильников в помещении
Светильники типа ОД-2-80 с люминесцентными лампами типа ЛД

5.1.3 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работника. Шумовое воздействие при работе с компьютером

влияет на их психологическое состояние. Наиболее распространенные последствия:

- снижение концентрации;
- невозможность сосредоточиться;
- раздражительность и апатия.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340 допустимый уровень громкости шума, создаваемый персональной электронно-вычислительной машиной (ПЭВМ), не должен превышать значение 50 дБА [15].

Болезненные явления у человека начинаются при воздействии на него шума, громкость которого выше 74 дБ.

Снижение шума на пути его распространения возможно следующими способами:

- удаление приемника от источника на большие расстояния;
- изменение направленности источника шума;
- уменьшение ревербирующего звукового поля при помощи звукопоглощающего материала.

5.1.4 Неоптимальный микроклимат помещения

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- а) температура воздуха;
- б) температура поверхностей;
- в) относительная влажность воздуха;
- г) скорость движения воздуха;
- д) интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года приведены в таблице 18 [16].

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Отклонение параметров микроклимата от нормативных значений существенно влияет на здоровье и производительность труда.

Высокая температура вызывает интенсивное потоотделение, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов С, В1, В2.

Низкая температура может быть причиной охлаждения и переохлаждения организма человека.

5.1.5 Нервно-психические перегрузки

Отрицательное влияние компьютера на человека является комплексным, во время работы за компьютером на организм влияет целый ряд как

физических, так и психологических факторов, а именно:

- длительное пребывание в одном и том же (сидячем) положении и
- повторение однотипных движений, монотонность труда;
- умственное перенапряжение, обусловленное характером решаемых задач;

Эти факторы отрицательно сказываются на эффективности производства: ухудшаются экономические показатели, повышается аварийность, травматизм, растет текучесть кадров.

Основные меры по уменьшению влияния психофизиологических факторов на человека перечислены ниже.

1. Операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд;
2. Состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела;
3. Осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;
4. Применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;
5. Осуществлять эстетичность производства и функциональное музыкальное оформление производственного процесса.

5.2 Анализ выявленных опасных факторов рабочего помещения

Помещение лаборатории по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 классу, т. е. это помещение без повышенной опасности (сухое, не пыльное, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и малым числом заземленных приборов) [17].

На рабочем месте метролога размещены: дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его

включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Также используются системные блоки, в которых кроме рабочей изоляции предусмотрен элемент для заземления и провод с заземляющей жилой для присоединения к источнику питания. Таким образом, оборудование обменного пункта выполнено по классу 1 (ПУЭ).

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека.

Электробезопасность в помещении лаборатории обеспечивается техническими способами и средствами защиты, а также организационными и техническими мероприятиями.

В течение срока службы на корпусе компьютера накапливается статическое электричество. На расстоянии от 5 до 10 см от экрана напряженность электростатического поля составляет от 60 до 280 кВ/м, т. е. в 10 раз превышает норму 20 кВ/м. Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпус монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

В результате нарушения изоляции токоведущих элементов или механического соприкосновения неизолированных элементов может возникнуть короткое замыкание. При коротком замыкании резко и многократно возрастает сила тока, протекающего в цепи, что приводит к значительному тепловыделению, и, как следствие, возможно расплавление электрических

проводов, с последующим возникновением возгорания и распространением пожара. Для защиты от короткого замыкания принимают специальные меры.

1. Ограничивающие ток от короткого замыкания:

- устанавливают токоограничивающие электрические реакторы;
- применяют распараллеливание электрических цепей, то есть отключение секционных и шиносоединительных выключателей;
- используют понижающие трансформаторы с расщеплённой обмоткой низкого напряжения;
- используют отключающее оборудование — быстродействующие коммутационные аппараты с функцией ограничения тока короткого замыкания — плавкие предохранители и автоматические выключатели;

2. Применяют устройства релейной защиты для отключения повреждённых участков цепи.

Кроме того, при неисправности каких-либо блоков компьютера корпус может оказаться под током, что может привести к электрическим травмам или электрическим ударам. Обезопасить пользователей возможно, обеспечив подсоединение металлических корпусов оборудования к заземляющей жиле.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляцию рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности;
- заземление корпусов устройств.

Перед началом работы необходимо убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры.

Так как все токоведущие части ПЭВМ и других приборов используемых метрологом изолированы, то случайное прикосновение к токоведущим частям исключено. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, рекомендуется применять защитное заземление.

Заземление корпуса ПЭВМ обеспечено подведением заземляющей жилы к питающим розеткам. Сопротивление заземления 4 Ом, согласно ПУЭ для электроустановок с напряжением до 1000 В.

Основным организационным мероприятием является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе, необходимое организационное мероприятие.

При проведении незапланированного и планового ремонта вычислительной техники выполняются следующие действия:

- отключение компьютера от сети;
- проверка отсутствия напряжения;

После выполнения этих действий проводится ремонт неисправного оборудования. Если ремонт проводится на токоведущих частях, находящихся под напряжением, то выполнение работы проводится не менее чем двумя лицами с применением электрозащитных средств.

5.3 Экологическая безопасность

Так как основным объектом исследования данной работы являются электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности

используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

На данный момент во многих странах используются альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести сточные воды и бытовой мусор.

Сточные воды здания относятся к бытовым сточным водам. За их очистку отвечает городской водоканал.

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор, коробки от техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

Утилизация электрических приборов, составляющих ПК и люминесцентных ламп осуществляется сотрудниками университета и предусматривает следующую поэтапность.

1. Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации, перечисленных в акте предметов, о чем имеется акт технического осмотра.

2. Осуществление списания перечисленного в акте с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания.

3. Непосредственно утилизация с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы, имеющими лицензию на данный вид деятельности.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями в рассматриваемых помещениях могут быть пожары. Требования по пожарной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.004-91 [19].

Пожар представляет собой неконтролируемое горение вне специального очага, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

С ростом энергооснащенности производства в значительной степени увеличивается опасность пожара в механических мастерских, местах хранения техники и транспортных средств при эксплуатации в них электроустановок. Короткое замыкание, перегрузка, большие переходные сопротивления, взрывы колб и ламп накаливания, замыкания фазных проводов на заземленные конструкции. Чаще всего причиной пожара становится короткое замыкание в электрических установках [20].

Противопожарная защита должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией.

- 1 Применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- 2 Применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- 3 Применением основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности;
- 4 Применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);
- 5 Устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара;
- 6 Организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;

7 Применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;

8 Применением средств противодымной защиты.

Для обеспечения эвакуации необходимо:

- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;
- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям;
- организовать при необходимости управление движением людей по эвакуационным путям (световые указатели, звуковое и речевое оповещение и т.п.).

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов. Здание учебного корпуса №10 ТПУ соответствует требованиям пожарной безопасности. В здании установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии порошковые огнетушители, а также установлен план эвакуации с указанием направлений к основному и запасному эвакуационным выходам.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;

- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и др.

5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости, которые представлены на рисунке 12.

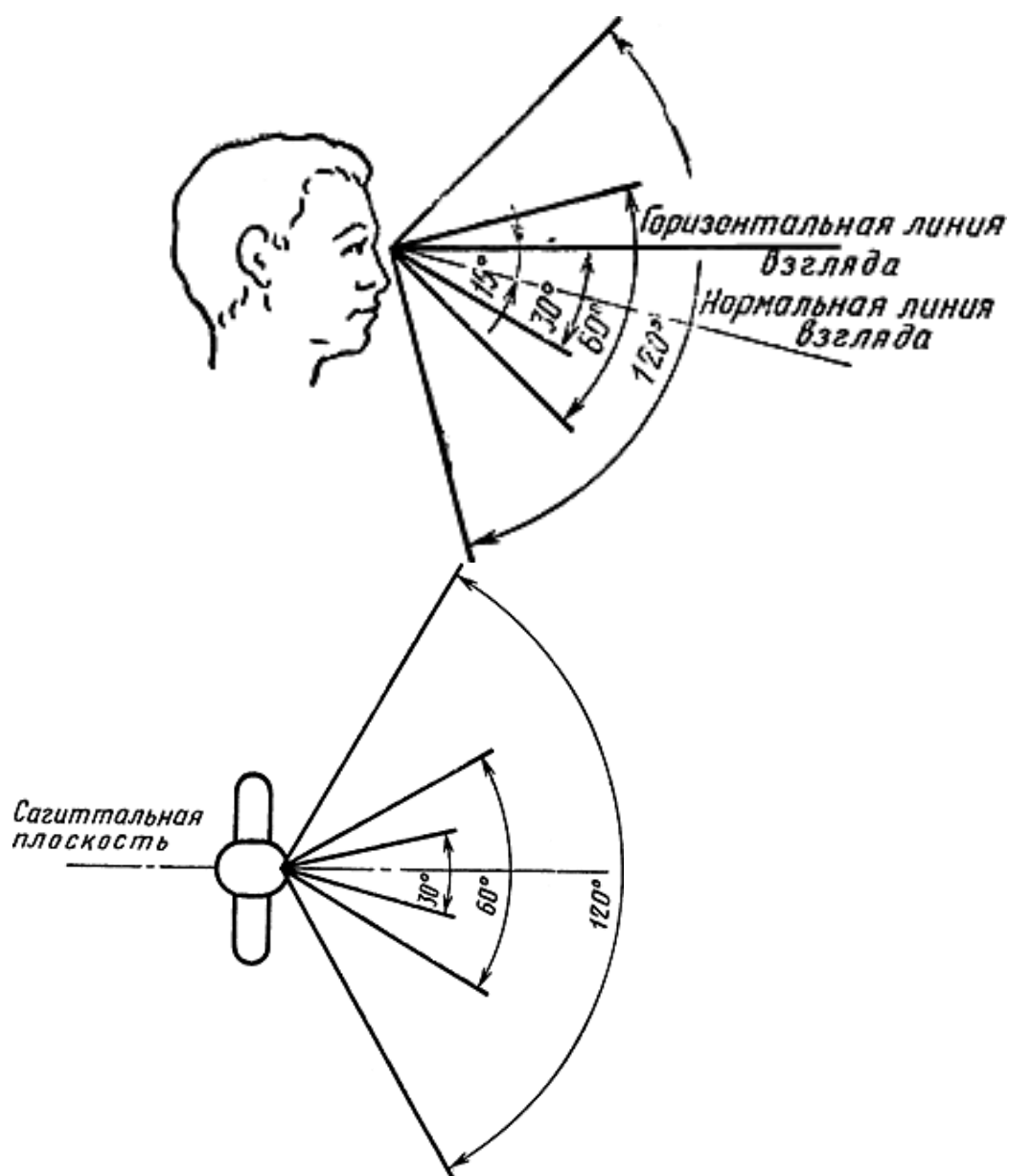


Рисунок 12 – Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости и в вертикальной плоскости

В ходе написания раздела «Социальная ответственность» проведен анализ вредных и опасных факторов производственной безопасности, которые могут присутствовать при эксплуатации разработанного программного обеспечения. Рассмотрены экологическая безопасность, выбрана наиболее типичная ЧС и разработаны меры по предупреждению ЧС, действия в результате её возникновения и меры по ликвидации её последствий. в

результате проделанной работы можно сделать вывод о том, что рабочее место соответствует нормам.

В настоящее время прогрессирующий мир активно использует автоматизированные процессы производства, но любая техника может выйти из строя и, к сожалению, могут возникнуть аварийные ситуации. Поэтому инженер, разрабатывая и вводя в эксплуатацию новшество, несет ответственность за жизнь и здоровья многих граждан.

Заключение

В ходе данной выпускной квалификационной работы было разработано универсальное программное обеспечение для оценивания неопределенности и погрешности измерений, структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW.

На основе сформулированных требований, в том числе метрологических, к программному обеспечению была разработана структура программного обеспечения, а также разработано программное обеспечение и руководство оператора.

Разработанное программное обеспечение может применяться в метрологических отделах и организациях для оценивания погрешности и неопределенности результатов измерений.

Программное обеспечение позволяет сократить временные затраты и повышает производительность труда персонала метрологических организаций.

Список использованных источников

- 1 Шушкевич Т. В. Программный расчет неопределенности результатов измерений // Инженерный вестник Дона.- 2016.- №4.С 5-12.
- 2 РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154>, свободный. – Загл. с экрана.
- 3 ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 107 с.
- 4 МИ 1317-2004 Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/stroyka/doc/46097>, свободный. – Загл. с экрана.
- 5 ПМГ 96-2009 ГСИ. Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200079072>, свободный. – Загл. с экрана.
- 6 Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешности и неопределённости измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037562>, свободный. – Загл. с экрана.
- 7 ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200089016>, свободный. – Загл. с экрана.
- 8 МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007609>, свободный. – Загл. с экрана.

9 ГОСТ Р 8.654 – 2015 ГСИ. Требования к программному обеспечению средств измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/60032> , свободный. – Загл. с экрана.

10 NI myRIO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ni.com/> , свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 01.05.2017);

11 ГОСТ 19.505-79 ЕСПД. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению;

12 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> , свободный. – Загл. с экрана.

13 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200224> , свободный. – Загл. с экрана.

14 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-005-88-ssbt> , свободный. – Загл. с экрана.

15 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901859404> , свободный. – Загл. с экрана.

16 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> , свободный. – Загл. с экрана.

17 ГОСТ 12.1. 030 – 81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

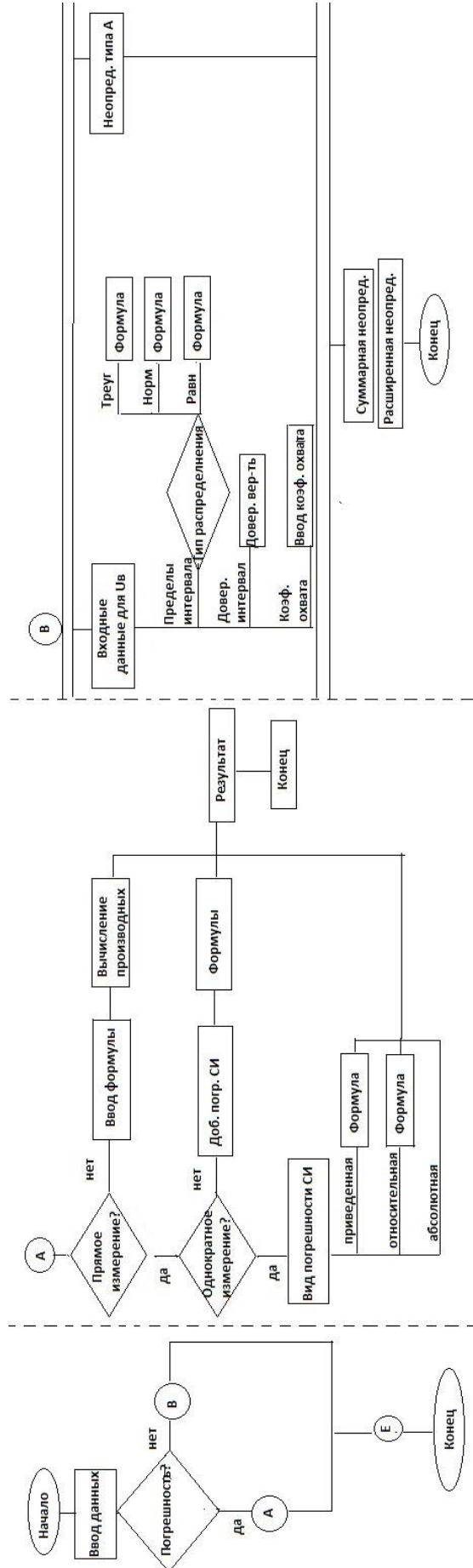
18 СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.

- 19 ГОСТ 12.1.003-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
- 20 СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

Приложение А

(обязательное)

Алгоритм работы ПО



Приложение Б (Обязательное) Блок- диаграмма ПО

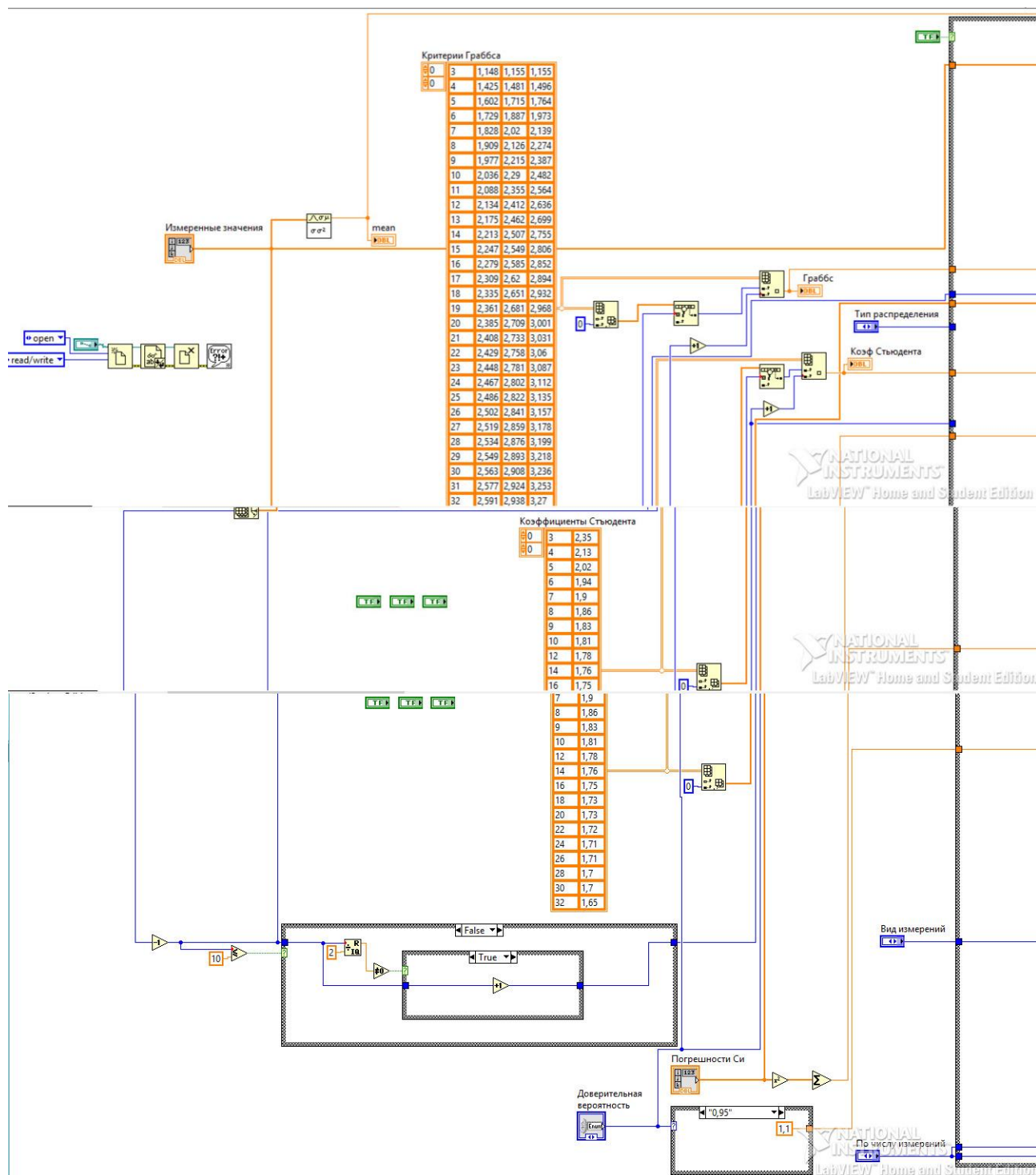


Рисунок Б.1

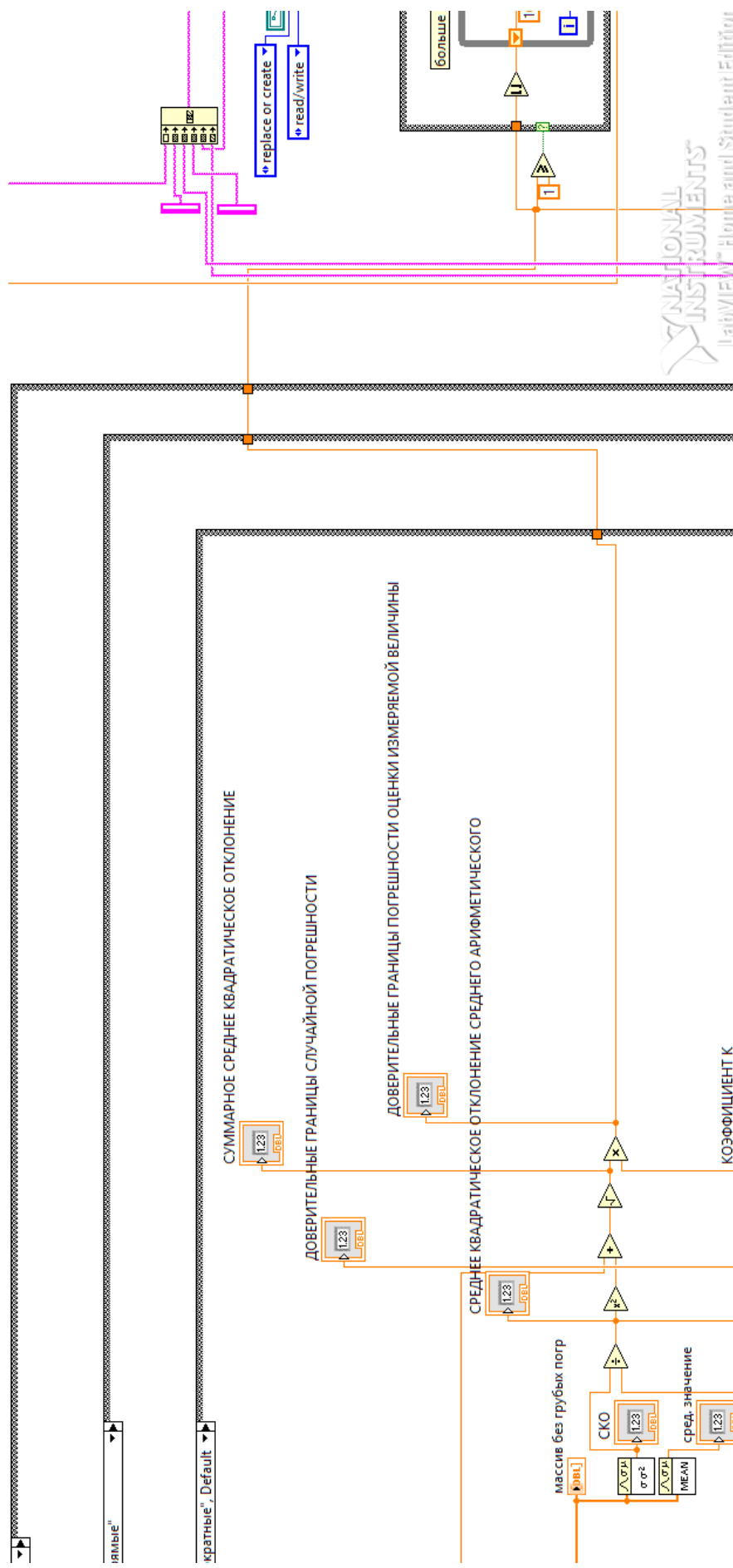


Рисунок Б.3

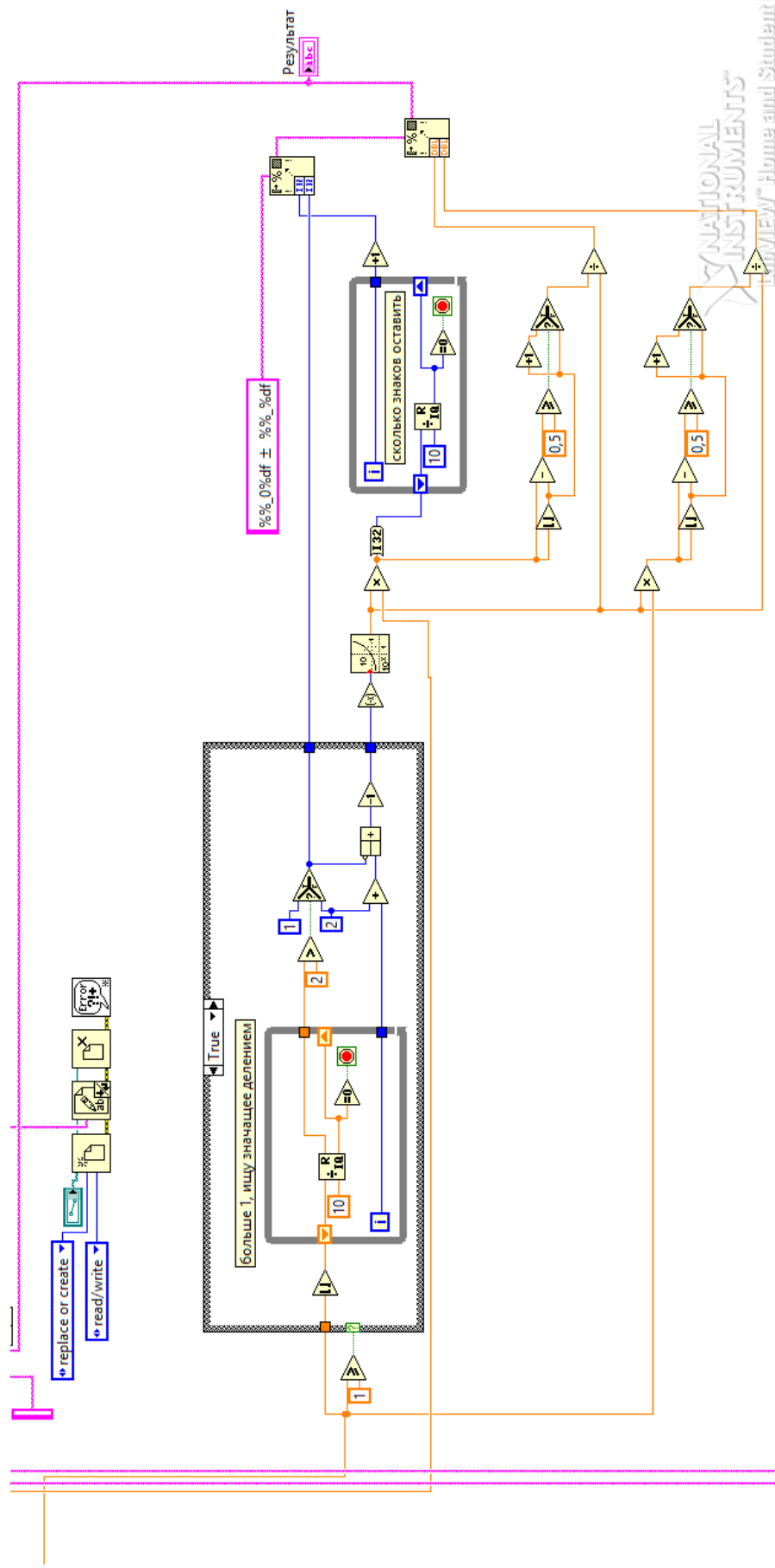


Рисунок Б.4

Приложение В
(обязательное)
Протокол оценки погрешности и неопределенности результатов измерений

[illegible]

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

“УТВЕРЖДАЮ”

Директор ИШИТР А. Сонькин

" " _____ 2018 г.

М.П.

**УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ
ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
«EVALUATION»**

РУКОВОДСТВО ОПЕРАТОРА
XXX.XX

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Аннотация

В данном руководстве описаны назначение и интерфейс универсального программного обеспечения для оценивания погрешности и неопределенности измерений «Evaluation», структурированное по видам измерений, в среде графического программирования LabVIEW, а также определены условия, необходимые для эффективного функционирования программного обеспечения и указана последовательность действий оператора при запуске и выполнении программного обеспечения.

Оформление программного документа «Руководство оператора» произведено по требованиям ЕСПД.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата

Нормативные ссылки:

В данном документе использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

- 1) ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов;
- 2) ГОСТ 19.103-77 ЕСПД. Обозначение программ и программных документов;
- 3) ГОСТ 19.104-78 ЕСПД. Основные надписи;
- 4) ГОСТ 19.105-78 ЕСПД. Общие требования к программным документам;
- 5) ГОСТ 19.106-78 ЕСПД. Общие требования к программным документам, выполненным печатным способом;
- 6) ГОСТ 19.505-79 ЕСПД. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению;
- 7) ГОСТ 19.604-78 ЕСПД. Правила внесения изменений в программные документы, выполненные печатным способом.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата

Содержание

1	Назначение программного обеспечения	5
2	Условия выполнения программного обеспечения	6
2.1	Условия эксплуатации	6
2.2	Минимальный состав технических средств	6
2.3	Минимальный состав программных средств	6
2.4	Требования к персоналу	7
3	Выполнение программного обеспечения	8
3.1	Интерфейс	8
3.2	Запуск	11
3.3	Выполнение и завершение работы с ПО	12
4	Сообщения оператору	14

Первое применение

Справ.№

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разработ.				
Проверил				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утвердил				

XXX.XX				
«Evaluation» руководство оператора		Литера	Лист	Листов
		М		416

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программное обеспечение (далее ПО) для оценивания погрешности и неопределенности измерений, структурированное по видам измерений, разработанное в среде графического программирования LabVIEW, предназначено для осуществления оценки погрешности и неопределённости результатов прямых и косвенных, однократных и многократных измерений.

В ПО реализованы программные решения для выполнения следующих задач:

- оценка погрешности прямых однократных и многократных измерений;
- оценка погрешности косвенных измерений;
- оценка неопределённости по типу А, типу В, суммарной и расширенной.

[illegible]

ПРОГРАММНОГО

2.1 Условия эксплуатации

Эксплуатацию ПО следует проводить при следующих условиях:

- температура воздуха: (20 ± 5) °C;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) % при 20 °C;
- напряжение в сети питания (220 ± 22) В с частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц;
- атмосферное давление от 97,4 до 104,0 кПа;
- отсутствие электрических и магнитных полей (наводок).

2.2 Минимальный состав технических средств

В состав технических средств должен входить персональный компьютер (ПК), соответствующий следующим параметрам:

- процессор Pentium 4М / Celeron с тактовой частотой не менее 866 МГц;
- объем свободной памяти жесткого диска не менее 620 Мб;
- оперативная память объемом не менее 256 Мб.

2.3 Минимальный состав программных средств

Системные программные средства, используемые программным обеспечением, представлены лицензионной локализованной версией операционной системы Windows xp и другими более поздними версиями, а также программой MS Excel.

Инв. № подл.

Подпись и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подпись и дата

В состав технических средств должен входить персональный компьютер (ПК), соответствующий следующим параметрам:

- процессор Pentium 4М / Celeron с тактовой частотой не менее 866 МГц;
- объем свободной памяти жесткого диска не менее 620 Мб;
- оперативная память объемом не менее 256 Мб.

2.3 Минимальный состав программных средств

Системные программные средства, используемые программным обеспечением, представлены лицензионной локализованной версией операционной системы Windows xp и другими более поздними версиями, а также программой MS Excel.

					XXX.XX	Лист
						6
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2.4 Требования к персоналу (пользователю)

Минимальное количество персонала, требуемого для работы программного обеспечения, должно составлять не менее 2 штатных единиц – системный администратор и пользователь программного обеспечения – оператор.

Системный администратор должен иметь высшее или среднее профильное образование. В перечень задач, выполняемых системным администратором, должны входить:

- поддержание работоспособности технических средств;
- установка и поддержание работоспособности операционной системы;
- установка программного обеспечения.

Оператор должен обладать практическими навыками работы с графическим пользовательским интерфейсом операционной системы и иметь опыт работы в области метрологии.

Персонал должен быть аттестован на II квалификационную группу по электробезопасности.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	XXX.XX					Лист
										7

3 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

После того, как выполнены требования пунктов минимальных технических и программных средств, а также выполнена загрузка программного обеспечения, оператор приступает к запуску ПО.

3.1 Интерфейс

Лицевая панель программного обеспечения представлена на рисунке 1.

Исходные данные

Измеренные значения

Фамилия

Дата

DD/MM/YYYY

Единицы измерения

Загрузить из файла

0

0

0

0

Данные для обработки

Результат оценивания

Погрешность

Доверительная вероятность

0,90

Неопределенность

Вид измерений

Косвенные

Погрешности СИ

0

0

По числу измерений

Множественные

Вид погрешности СИ

Абсолютная

Рассчитать

Документ

Результат

0

0

Сохранить

Единица измерения

Коеф. Стьюдента

0,00

Ошибка

Промежуточные результаты

Неопределенность типа А

0

Неопределенность типа В

0

Суммарная неопределенность

0

Расширенная неопределенность

0

Рисунок 1 – Лицевая панель программного обеспечения

Рисунок 2 – Лицевая панель программного обеспечения в режиме оценки погрешности прямых однократных измерений

Лицевая панель состоит из элементов:

- 1 – фамилия оператора;
- 2 – дата осуществления оценки;
- 3 – единицы измерения;
- 4 – путь к файлу;
- 5 – загрузка данных из файла;
- 6 – массив измеренных значений;
- 7 – тумблер выбора вида оценки;
- 8 – вид измерений;
- 9 – по числу измерений;
- 10 – вид погрешности СИ;
- 11 – доверительная вероятность;

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	XXX.XX					Лист
										9
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

3.3 Выполнение и завершение работы с ПО

Заполните необходимые поля блока «Исходные данные».

- 1) Укажите фамилию оператора в поле 1.
- 2) Внесите в поле 6 измеренные значения величин, либо в поле 4 укажите путь к текстовому файлу. Если выбрана загрузка из файла, то нужно нажать кнопку 5.
- 3) Укажите единицы измерения в поле 3.

Примечание: дата в поле 2 будет указана автоматически, в соответствии с установленной датой на ПК.

Заполните необходимые поля блока «Расчет».

- 1) Выберите с помощью положения тумблера 7 вид оценки точности результатов измерений (погрешность/неопределённость).
- 2) Укажите значения погрешностей использованных средств измерений в поле 12 (СИ), вид погрешности СИ (абсолютная/относительная/приведенная) в поле 10 и доверительный интервал в поле 11.

Если рассчитывается погрешность:

- выберите вид измерений (прямые/косвенные) в поле 8, после чего укажите число измерений (однократные/многократные) в поле 9.
- если измерения косвенные, то в поле 25 укажите уравнение связи между величинами.

Если рассчитывается неопределенность:

- для прямых однократных измерений выберите входные данные для оценки неопределённости по типу В (доверительный интервал/коэффициент охвата/ пределы интервала) в поле 26 .

При выборе доверительного интервала, укажите доверительную вероятность.

При выборе коэффициента охвата, укажите заданный коэффициент охвата.

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата						Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	XXX.XX					12

При выборе пределов интервала, укажите пределы измеряемой величины и тип распределения.

После заполнения необходимых полей нажмите кнопку «Рассчитать».

В поле 14 будет отображаться наименование регламентирующего документа в соответствии с выбранными параметрами.

В блоке «Результаты оценивания» в поле 15 отобразится результат расчета, представленный в соответствии с МИ 1317-2004, в поле 16 указанные единицы измерения.

Также в поле 18 отобразится использовавшийся коэффициент Стьюдента, а в полях 21 - 24 все промежуточные результаты измерения неопределённости, а именно неопределённость по типу А, по типу В, суммарная и расширенная.

В поле 17 укажите путь к файлу с расширением MS Excel для сохранения протокола обработки результатов измерений.

По завершении работы осуществите выход из ПО, нажав красный крестик в верхнем правом углу.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	XXX.XX					Лист
										13

4 СООБЩЕНИЯ ОПЕРАТОРУ

Если какое-либо обязательное для расчёта поле не заполнено, то после нажатия кнопки «Рассчитать», в поле 20 «Ошибка» будет отображаться информация о допущенной ошибке в виде соответствующего сообщения оператору, как показано на рисунке 4.

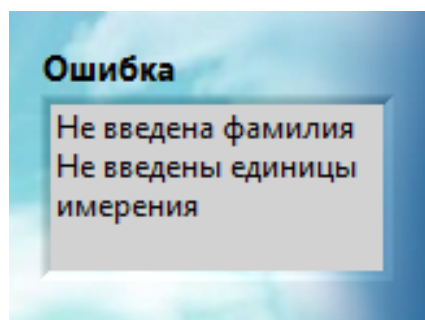


Рисунок 5 – Поле 20 «Ошибка»

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	XXX.XX					Лист
										14
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

И	Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

					XXX.XX	Лист
						15
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

СОСТАВИЛИ

Наименование организации, предприятия	Должность исполнителя	Фамилия, имя, отчество	Подпись	Дата
Национальный исследовательский Томский политехнический университет	Студент	Кашкенова Асель Асхатовна		

СОГЛАСОВАНО

Наименование организации, предприятия	Должность исполнителя	Фамилия, имя, отчество	Подпись	Дата

[illegible]